Терехов Александр Иванович
кандидат физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник ЦЭМИ РАН.
Тел.: (499) 724-25-62,
a.i.terekhov@mail.ru

РАЗВИТИЕ НАНОИССЛЕДОВАНИЙ В РОССИИ: ОПЫТ БИБЛИОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

1. Введение

В последнее десятилетие нанотехнология (НТ) стала своеобразным магнитом для исследований, инвестиций и политики. В мире развернулась настоящая гонка за лидерство в том, что, как ожидают многие, породит следующую промышленную революцию. Практически каждая страна, поддерживающая исследования и разработки, обзавелась собственной нанотехнологической инициативой. Для научно-технологической гонки важно уметь оценить свою позицию и позиции ближайших конкурентов, измерить отставание от лидера, определить направление возможного отрыва или выгодную схему кооперации. Полезный инструмент дает библиометрия.

Появление «Science Citation Index» в 1960-е и движение за «научные индикаторы» в США в 1970-е гг. способствовали эволюции библиометрии из подраздела информатики в инструмент оценки для научной политики и управления исследованиями [1]. Вслед за США, где Национальный научный фонд (ННФ) с 1972 г. раз в два года выпускает доклады с анализом американской научной системы, в Европе с начала 1990-х гг. также стали создавать средства для мониторинга и оценки национальных научных систем с использованием библиометрических методов. Сегодня библиометрические программы с большими группами аналитиков прочно утвердились во многих странах, на регулярной основе выходят их отчеты, часто именуемые исследованиями научных индикаторов. Ряд таких групп представляют ННФ США, Европейскую комиссию, Научно-технологическую обсерваторию (Франция), Национальный институт научно-технологической политики (Япония). Активные библиометрические группы есть еще в более двух десятков стран на всех континентах [2]. Потребность в углубленной библиоаналитике обеспечивают специализированные журналы: «Scientometrics», «Research Policy», «Research Evaluation» и др. Хотя работы советских ученых вошли в анналы мировой библиометрии [1], у нас до сих пор не сложилось такой, как на Западе, практики мониторинга и оценки национальной научной системы, а опора на экспертные мнения превалирует над принципом доказательной научной политики.

Благодаря своей специфике, скорости и масштабам распространения, НТ дала новые стимулы для библиометрических исследований и оценок как национального, так и наднационального уровня. Во многом они за-

меняли официальную статистику, которой из-за отсутствия для НТ удовлетворительных классификационных систем было трудно справляться с задачей измерений. Считается, что первую статью в библиометрическом журнале, имеющую отношение к НТ, опубликовал в 1997 г. Т. Браун и др. [3]. В ней показан экспоненциальный рост нанопубликаций с начала 1990-х гг. Однако еще в 1992 г. [4] Т. Браун приводил библиометрическое подтверждение эпидемического характера распространения исследований по фуллеренам, открытие которых сыграло для НТ важную роль. В 2000-е гг., особенно в связи с государственной приоритизацией НТ целым рядом стран нанобиблиометрия стала быстрорастущим полем деятельности для ученых, консультационных компаний, правительственных организаций. В ее фокусе – глобальная наногонка, а также такие темы, как: междисциплинарность НТ, взаимосвязь нанонауки и нанотехнологий, зависимость развития НТ от предыстории и др. [5].

Развитие подобных работ в России затруднял доступ к мировым научным БД. Тем не менее, с 2000-го г. такие исследования начались [6–8], причем первые из них по фуллеренам [6, 7] опирались на отечественные БД: Роспатента, РФФИ, ВАК России и небольшие выборки публикаций. Принятие президентской инициативы «Стратегия развития наноиндустрии» в 2007 г., а также расширение доступа к информационным ресурсам и основание ряда нанотехнологических журналов активизировали процесс (см. краткий обзор в [9]), но не придали ему системного характера. Публикуя за рубежом лишь единичные работы ([10–12], российский аналитический отчет по гранту ЕС [13]), мы остаемся в мировой нанобиблиометрии пока «белым пятном». Возникший пробел зарубежным ученым приходится заполнять собственными оценками по России, которые по разным причинам не всегда точны. Так, в статье [14], сравнивающей Китай, Россию и Индию, из-за незнания авторами особенностей аффилиации и наименования наших научных организаций при построении их распределения по количеству и импакту нанопубликаций допущены серьезные искажения. К источникам искажений там же можно отнести и отсутствие среди поисковых таких терминов, как «fullerene», «graphene», «metamaterial», отражающих направления, где у России неплохие публикационные показатели. В недавнем библиометрическом исследовании индийских ученых [15] Россия необоснованно отсутствует в первой десятке стран, конкурировавших в нанообласти в период 1990–2009 гг. Ситуация не приемлема ни для имиджа отечественной нанонауки, ни для формирования научной политики. Ее последовательному исправлению могли бы способствовать лишь собственные исследования по современным прозрачным методикам.

Цель настоящей статьи – предложить полезный библиометрический инструмент для расширения доказательной основы принимаемых политических решений в сфере НТ. В результате его применения: дать уточненную информацию об основных тенденциях и текущем состоянии наноисследований в России и в мире; повысить объективность оценок научной деятельности и ее главных участников в этой приоритетной для страны области.

2. Методология и данные

Благодаря своей массовости, журнальные публикации наиболее ценны при анализе масштабов, структуры и источников развития исследований. По количеству и качеству отбираемых публикаций (статей, обзоров, писем, трудов конференций и др.) база данных SCI-Expanded (БД SCIE) – ведущая политематическая БД в мире. По представленным в ней публикациям (примерно 1 млн.) СССР до 1992 г. и позже Россия на 9-м месте. В силу указанных свойств (массовость, качество, представленность России) БД SCIE (на платформе ISI Web of Knowledge) выбрана основным источником данных для настоящего исследования по состоянию на ноябрь 2011 г. Его методология включает: выработку комплексного перечня ключевых слов для поиска в БД; проведение библиометрического анализа исследований в нанообласти, включая макро (страны) и микро (институты, исследователи) уровни; обсуждение результатов анализа, возможности применения библиометрических оценок при обосновании российской научной политики в сфере НТ.

В перечень ключевых введены слова с приставкой «nano», кроме таких не относящихся к делу, как: «nanogram», «nanosecond», «nanoliter» и т. п. Для охвата важных направлений НТ к ним добавлены: «fullerene», «quantum dot», «dendrimer», «photonic crystal» и ряд других терминов. Использованы также характерные химические обозначения: С60 (С-60). Поиск в БД SCIE по ключевым словам, содержащимся в названиях, выявил 359 250 нанопубликаций за период 1990–2010 гг., которые послужили исходной выборкой для анализа. Последний основан на традиционных библиометрических индикаторах (количество публикаций, ссылок, импакт–фактор журналов, индекс Хирша), легко получаемых с помощью сервисов Web of Knowledge для различных выделяемых подмножеств исходной выборки. Научный выход стран сравнивается по их долевому вкладу в массив нанопубликаций. Его динамика совместно с долей нанопубликаций в общем научном выходе данной страны позволяет характеризовать участников наногонки в терминах действий (степень НТ-ориентации научного комплекса) и результатов (позиция в наногонке). Особой выверенности требуют библиометрические оценки на микро уровне. С этой целью выполнена нормализация исходных данных путем устранения типичных для БД SCIE неточностей: неоднозначность записи фамилий ученых (Kop'ev PS и Kopev PS), разные варианты названий одних и тех же организаций («AF Ioffe Phys Tech Inst», «AF Ioffe Physicotech Inst», «AF Ioffe Inst» и др.). Учтены также особенности аффилиации отечественных НИИ, например, при расчете сводных для РАН оценок («Budker Inst Nucl Phys» это тоже РАН) и т. п.

Для оценочной библиометрии характерно стремление к выявлению исследований высшего качества или «центров совершенства». В этом русле, наряду с библиометрической оценкой воздействия на основе средних значений, в статье использованы индикаторы, отражающие верхушку распределения цитирований, например, количество высоко цитируемых

нанопубликаций, в том числе по направлениям НТ. В ходе обсуждения результатов будет отмечен ряд опасностей, которые следует избегать при практическом применении библиометрических индикаторов.

3. Результаты

3.1. Тренды и качество наноисследований: уровень стран

Публикационный выход. О масштабе интереса к НТ говорит участие в исследованиях ученых из более 150 стран. Покажем долговременные тенденции лидирующих и некоторых других стран, включая представителей БРИК[1]. Табл. 1 отчетливо демонстрирует «наступление» Востока на Запад по количеству нанопубликаций, причем изменения рейтинговых позиций стран достаточно скачкообразны. Китай с 7-го места в 1990 г. к 2010 г. вышел в мировые лидеры, потеснив США. Индия и Тайвань поднялись с 10-го на 6-е и с 15-го на 9-е места соответственно. Южная Корея и Иран смогли от неучастия в 1990 г. подняться к 2010 г. на 4-е и 11-е место соответственно. В то же время страны Запада ухудшили свои позиции: Германия (2↓5), Великобритания (4↓8), Франция (5↓7), Канада (8↓14), Италия (9↓13), Швейцария (11↓17), Нидерланды (12↓20). Включенная в [15] в ТОП-10 Бразилия опустилась с 14-го в 1990 г. на 18-е место в 2010 г.

Таблица 1. Ранжирование стран по количеству нанопубликаций

Страна	Количество нанопубликаций			Ранг		
	1990 г.	2010 г.	1990–2010 гг.	1990 г.	2010 г.	1990–2010 гг.
США	561	10959	95908	1	2	1
Китай	35	11904	65106	7	1	2
Япония	130	3583	36163	3	3	3
Германия	138	3379	29366	2	5	4
Южная Корея	0	3459	19656	-	4	5
Франция	82	2311	19346	5	7	6
Великобритания	120	2200	17610	4	8	7
Россия*	40	1693	15528	6	10	8
Индия	22	2945	13596	10	6	9
Италия	23	1395	10576	9	13	10
Тайвань	7	1741	10459	15	9	11
Испания	6	1529	9347	16	12	12
Канада	27	1142	8429	8	14	13
Сингапур	1	1095	5660	19	15	14
Австралия	4	960	5573	17	16	15
Швейцария	21	719	5528	11	17	16
Польша	2	600	4963	18	19	17
Нидерланды	16	599	4753	12	20	18
Швеция	12	564	4435	13	21	19
Бразилия	10	653	4415	14	18	20
Иран	0	1665	4205	-	11	21
МИР	1188	50119	359250			

* *Примечание:* СССР в 1990–1992 гг.

[1] После присоединения в 2011 г. ЮАР аббревиатура этой группы быстроразвивающихся стран была заменена на БРИКС.

В соперничестве участвуют разные по масштабу национальные научные комплексы, поэтому чтобы яснее представить стратегии участников, обратимся к относительным показателям. Для США как лидера и членов БРИК свойствен, хоть и в разной мере, рост доли НТ в научном выходе (рис. 1–3). Для США эта доля не превысила за весь период 3 %, набрав примерно два процентных пункта после принятия Национальной нанотехнологической инициативы (ННИ) (рис. 1). К 2010 г. этого стало недостаточно для удержания лидерства в производстве нанопубликаций. Интересно, что крупнейший в мире научный комплекс не так уж и сильно был сориентирован на НТ. Китай, Индия и, в меньшей степени, Россия превзошли его в этом (рис. 2 и 3), сделав на НТ свою основную ставку. Китай и Индия за счет 8,2 и 6,4–процентной ориентации своих научных комплексов довели к 2010 г. свой вклад в мировой массив нанопубликаций до 23,8 и 5,9 % соответственно. Вклад России за рассмотренный период был наиболее вариабелен и вошел с 1997 г. в нисходящий тренд (рис. 3). При нынешнем состоянии, чтобы потеснить Индию с 6-го места, нам пришлось бы сориентировать на НТ 11,7 %, а для занятия 1-го места – 41.2 % своего научного комплекса. Расчет формальный, но хорошо подчеркивает дистанцию, отделяющую Россию от двух ведущих партнеров по БРИК. Бразилия же пока слабо включена в наногонку.

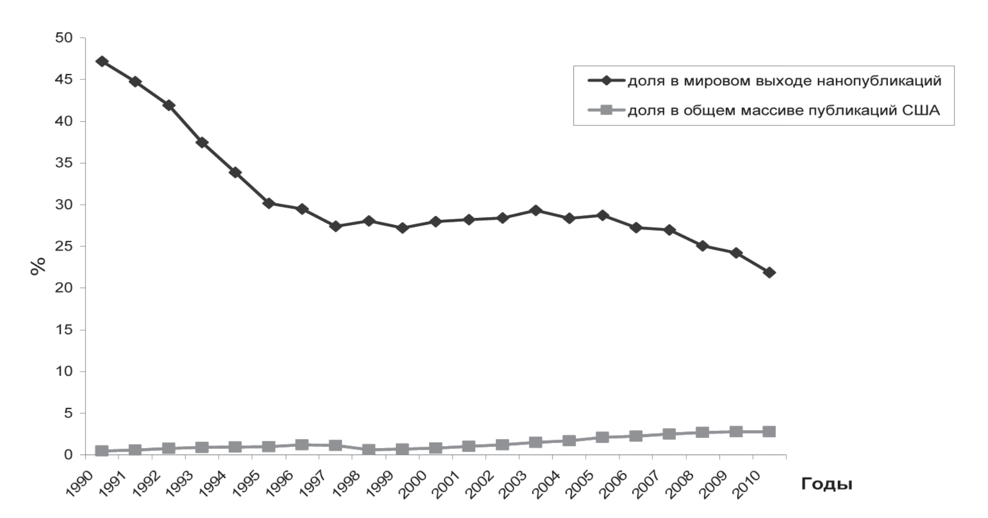
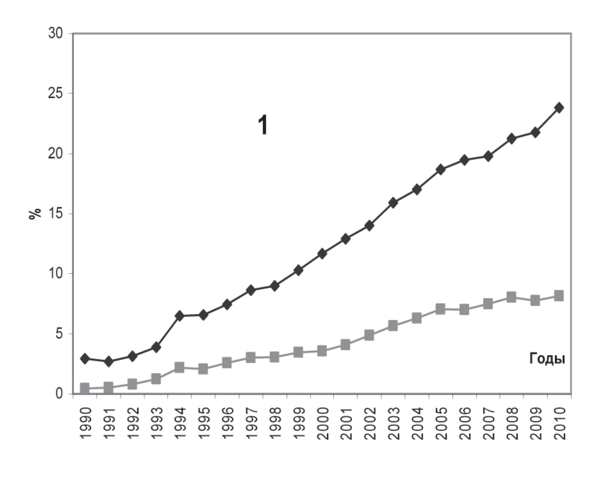
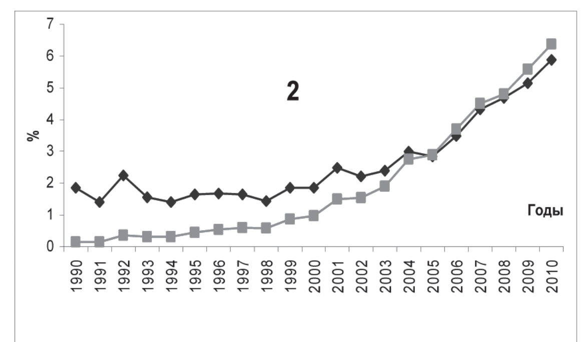


Рис. 1. Изменение доли американских нанопубликаций в мировом выходе и в общем массиве публикаций США





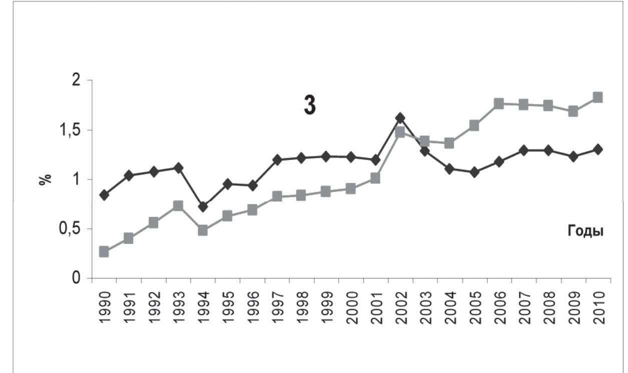


Рис. 2. Изменение доли нанопубликаций страны в мировом выходе и в общем массиве публикаций данной страны: 1 – Китай; 2 – Индия; 3 – Бразилия

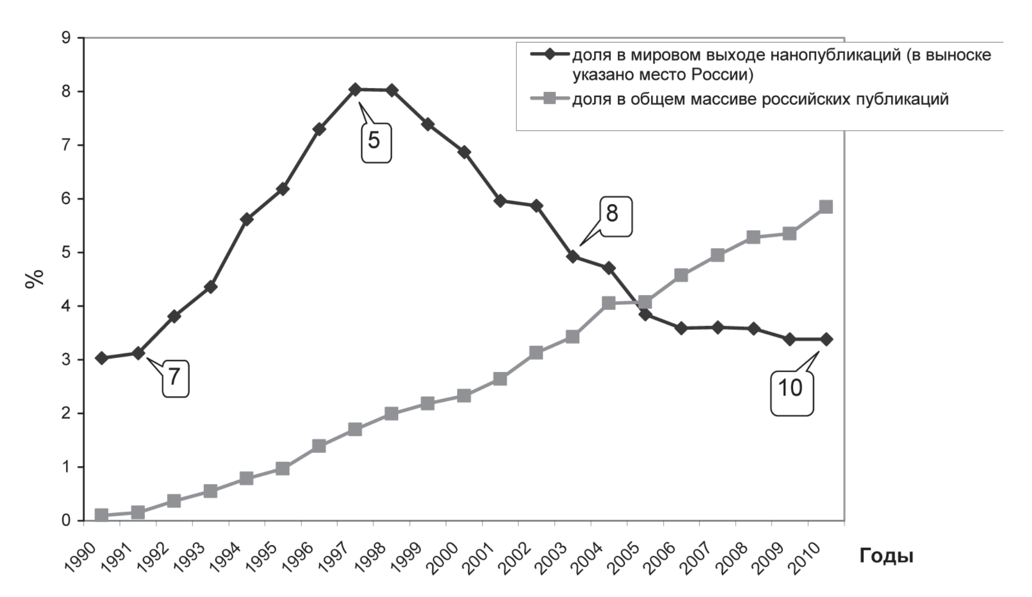


Рис. 3. Изменение доли российских нанопубликаций в мировом выходе и в общем массиве российских публикаций

Анализ цитируемости. В научной конкуренции важен не только «вал», но и качество производимых публикаций, которое часто измеряют их цитируемостью. По кумулятивному показателю цитируемости нанопубликаций Россия уступает в БРИК только Китаю, по среднему же – всем его членам, занимая лишь 43-е место в списке 65 стран, опубликовавших в области «нано» более 100 работ (табл. 2). Выделим 199 нанопубликаций с наивысшей цитируемостью (более 1000 ссылок на публикацию). Вверху этого списка три статьи, сообщающие об открытии углеродных нанотрубок (УНТ) – 11 499 ссылок на момент обследования, фуллеренов – 7528 и графена – 5688 ссылок. Интересно, что первая из них в общем рейтинге цитирования БД SCIE занимает 33-е место. Вклад в этот мировой Топ-199 нанопубликаций внесли 22 страны, 14 из которых приведены в табл. 3. Доминирование США безоговорочно. Кроме них, только у Великобритании, Франции, Нидерландов и Швейцарии вклад в Топ-199 превышает вклад в общее число нанопубликаций. Россия с 4-мя публикациями делит 9–10 место. Однако в рейтинге цитирования Топ-199 у России неплохие места: статьи по графену – на 3-м, 14-м и 149-м местах соответственно; обзор о создании объемных наноструктурных материалов методами интенсивной пластической деформации – на 36-м месте. Еще одна работа по графену с российским соавторством на подходе к 1000-му рубежу (971 ссылка на момент обследования). У Китая три публикации из шести посвящены УНТ, как и две публикации бразильских ученых.

Таблица 2. Ранжирование стран по цитируемости нанопубликаций

Ранг	Страна	Кумулятивная цитируемость всех нанопубликаций	Средняя цитируемость одной нанопубликации	Место страны по среднему показателю*
1	США	2703725	28,1	3
2	Китай	814650	12,5	29
3	Германия	675301	23,0	6
4	Япония	669420	18,5	16
5	Великобритания	424026	24,1	5
6	Франция	405515	21,0	10
7	Южная Корея	259324	13,2	28
8	Италия	189404	17,9	17
9	Испания	173202	18,5	15
10	Швейцария	171006	30,9	2
11	Канада	164128	19,5	11
12	Россия	157028	10,1	43
13	Индия	154153	11,3	37
………..	………………	…………………	…………………	…………………
20	Бразилия	59798	13,5	26

* *Примечание:* Среди 65 стран, имеющих более 100 нанопубликаций.

Таблица 3. Вклад стран в мировой Топ-199 нанопубликаций

Ранг	Страна	Количество нанопубликаций
1	США	144
2	Великобритания	17
3	Германия	13
4	Франция	13
5	Япония	12
6	Нидерланды	9
7	Китай	6
8	Италия	5
9	Россия	4
10	Швейцария	4
11	Австралия	3
12	Бразилия	2
13	Израиль	2
14	Испания	2

Далее показатели цитируемости будут использованы при анализе международной кооперации российских ученых, а также оценке наноисследований на микро уровне.

3.2. Международное сотрудничество России в нанообласти

Сотрудничество – одна из характерных черт современной науки. НТ в силу своей специфики значительно расширяет его формы и масштабы, включая международное измерение. Так, нанотехнологические инициативы стран, как правило, предусматривают широкое международное сотрудничество. В библиометрии соавторство – наиболее исследуемый индикатор сотрудничества. Анализируя международные соавторские

связи российских ученых в нанообласти, мы попытаемся связать их с цитируемостью публикаций.

41,7 % российских нанопубликаций за рассматриваемый период имели зарубежное соавторство, что говорит о высокой интеграции отечественной нанонауки в мировую. Динамику международного соавторства по годам отражает рис. 4. Российские ученые сотрудничали с коллегами из более 70 стран. Наиболее тесно с представителями: Германии – в 12,7 %, США – 7,8 %, Франции – 4,7 %, Англии – 3,3 %, Японии – 2,9 % нанопубликаций. Это страны-лидеры, сотрудничество с которыми свидетельствует (хотя и косвенно) о достаточно высоком уровне работ россиян. Подтверждение находим в показателях цитируемости: если нанопубликация с участием россиян цитировались в среднем 10,1, то только россиян – 5,1 раза. Наиболее высока средняя цитируемость российской нанопубликации с соавторством Англии 42,3 (44,4[2]) раза. Далее следуют: Нидерланды – 41,3 (13,0), США – 20,0 (18,9), Германия – 18,6 (18,0), Франция – 14,4 (13,7), Япония – 13,4 (11,0) раза. Такова своеобразная «шкала» качества кооперационных исследований России с разными странами на основе цитируемости совместных публикаций. Заметим, что участие в сотрудничестве «третьей стороны» заметно влияет на цитируемость только в случае с Нидерландами. С учетом приведенных данных как плохой предвестник можно рассматривать уменьшение с 2006 г. доли российских нанопубликаций с международным соавторством на рис. 4.

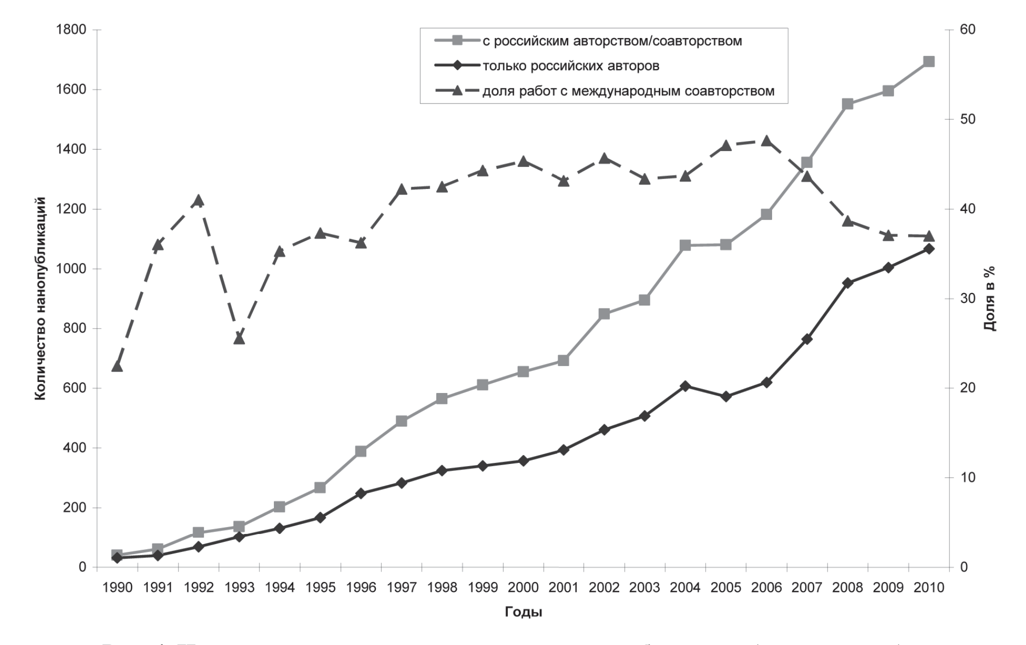


Рис. 4. Изменение количества российских нанопубликаций (левая шкала) и их доли с международным соавторством (правая шкала)

[2] Показатель в скобках относится к соавторству только данной страны.

3.3. Библиометрическая оценка качества наноисследований и их участников

О качестве массива российских нанопубликаций в первом приближении можно судить по перечню и импакт – фактору (IF) журналов, в которых они опубликованы. Общее число таких журналов превышает 500. Первые десять по количеству нанопубликаций приведены в табл. 4.

Таблица 4. Журналы с наибольшим количеством российских нанопубликаций

Ранг	Название журнала	Страна	Импакт-фактор 2010	Количество нанопубликаций
1	Physics of the Solid State	Russia	0,727	824
2	Physical Review B	USA	3,774	815
3	Semiconductors	Russia	0,605	665
4	JETP Letters	Russia	1,557	509
5	Technical Physics Letters	Russia	0,496	462
6	Russian Chemical Bulletin	Russia	0,629	264
7	Applied Physics Letters	USA	3,841	247
8	Journal of Experimental and Theoretical Physics	Russia	1,450	239
9	Inorganic Materials	Russia	0,416	230
10	Fullerenes Nanotubes and Carbon Nanostructures	USA	0,631	201

Семь из десяти журналов российские с небольшими величинами импакт-фактора, т. е. массово наши ученые публикуются в журналах, влияние которых по оценке Института научной информации (ИНИ) США относительно невысоко. Однако у них 9 и 13 нанопубликаций в престижнейших «Nature» (IF = 36,101) и «Science» (31,364). Еще 56 опубликованы в семи из Топ-10 высоко импактных нанотехнологических журналов по классификации ИНИ США в 2008 г.: «Nano Letters» (IF = 10,371), «ACS Nano» (5,472), «Small» (6,525), «Biosensors & Bioelectronics» (5,143), «Nature Nanotechnology» (20,571), «Nanomedicine» (6,093), «Plasmonics» (3,488).

Более адекватный индикатор качества работ – их цитируемость. Согласно табл. 5 цитируемость российских нанопубликаций почти на 30 % обеспечили 165 (1,1 %) публикаций с более чем 100 ссылками. 23,4% работ имеют нуль-цитируемость. Подробнее рассмотрим группу высоко цитируемых российских нанопубликаций Топ-165 в силу ее прямого отношения к выявлению «центров совершенства». В ее тематическом профиле на долю углеродных наноструктур (фуллерены, УНТ, графен, наноалмаз, нановолокна, онионы) приходится 25,5 % работ. Можно выделить: первоначальные работы по фуллерену в Институте элементоорганических соединений РАН; сверхтвердому фуллериту в ФГУ «Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов», УНТ в Московском государственном университете им. М. В. Ломоносова (МГУ).

Таблица 5. Распределение цитирований российских нанопубликаций

Количество цитирований	Количество публикаций	Всего цитирований
0	3636	0
1	2211	2211
2	1556	3112
3	1257	3771
4	919	3676
5	681	3405
6	583	3498
7	482	3374
8	382	3056
9	324	2916
10	297	2970
11–20	1573	23022
21–30	651	16222
31–40	310	10805
41–50	184	8395
51–60	100	5570
61–70	95	6186
71–80	56	4266
81–90	34	2913
91–100	32	3062
>100	165	44598
Всего	15528	157028
Средняя цитируемость		10,1

Интересен феномен графена, которому (с учетом упомянутых ранее трех «звездных» публикаций) в Топ-165 посвящено 13 работ с общим количеством цитирований 14 348 раз. Десять наиболее цитируемых выполнены учеными из Института проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов (ИПТМ) РАН совместно с учеными из Англии и Нидерландов (в двух публикациях к ним добавились ученые из США и Германии). Все статьи вышли в престижных журналах: «Nature», «Nature Materials», «Nature Physics», «Science» (2), «Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA», «Nano Letters» (2), «Physical Review Letters» (2). Еще три публикации принадлежат ученым из Института теоретической физики им. Л. Д. Ландау (ИТФ) РАН совместно с учеными из Германии. В число соавторов одной из них вошли также российские ученые из Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе (ФТИ) РАН, другой – ученые из США. По существу сотрудничество одного ученого из ИПТМ РАН С. В. Морозова[3] с получившими Нобелевскую премию за открытие графена бывшими россиянами А. К. Геймом и К. С. Новоселовым обеспечило нашей стране второе место по средней цитируемости публикаций в этой области. Такое преимущество неустойчиво, поскольку, не опираясь на достаточно широкую научную школу, может прерваться эмиграцией одного – двух высокопродуктивных ученых. В Топ-165 входят еще шесть работ ИПТМ РАН (по квантовым точкам, УНТ, нанофотонике), а средняя цитируемость нанопубликаций этого института (96,6 цитирований) рекордна.

[3] Лишь в трех из десяти высоко цитируемых работ соавторами вместе с ним были трое других сотрудников этого института.

Выделяется по этому показателю (36,6 цитирований) также Уфимский государственный авиационный технический университет (УфГАТУ), исследования которого под руководством Р. З. Валиева в области конструкционных наноструктурных металлов и сплавов, можно отнести к «центрам совершенства». Кроме уже упомянутой публикации, занимающей 36-е место в мировом рейтинге, в российский рейтинг Топ-165 входит еще семь работ этого автора, часть из которых опубликована в соавторстве с учеными из США и Германии. Однако все работы опубликованы до 2005 г., т. е. здесь нет того взрывного интереса, как с графеном. Третий из отечественных институтов по средней цитируемости нанопубликаций – ИТФ РАН (23,7 цитирований). По этому показателю три наших института сопоставимы с ведущими зарубежными университетами: Гарвардским (73,6 цитирований), Стэнфордским (53,1), Кембриджским (27,5), Оксфордским (25,6) – однако, почти на порядок уступают им по количеству нанопубликаций. Отсюда, в частности понятно, что сравнение качества исследований на уровне организаций требует не одного индикатора. Тем не менее, выделение высоко цитируемых организаций и групп дает полезную информацию для формирования приоритетов научной политики.

Самая большая доля в Топ-165 (37,6 %) приходится на работы в области полупроводниковых наноструктур. По количеству публикаций в ней Россия не опускалась ниже 7-го, а с 1997-го по 2002 г. занимала 4-е место в мире. Столь высокий для нашей страны результат достигнут, благодаря научной школе, созданной академиком Ж. И. Алферовым в ФТИ РАН. Расцвет школы (по библиометрическим показателям) пришелся на конец 1990-х гг.: например, в 1998 и 1999 гг. по 10 ее представителей (средний возраст – 38,7 лет в 1999 г.) входили в мировую сотню наиболее продуктивных в нанообласти авторов. Тогда же был создан Санкт-Петербургский академический университет, который целенаправленно ведет подготовку исследовательских кадров для НТ. Близки к полупроводниковым наноструктурам работы по нанофотонике (12,1 % в Топ-165). Международным сообществом замечены три работы по такой «горячей» для нее теме, как метаматериалы, выполненные в Институте физики микроструктур, Институте спектроскопии (ИС) и Институте кристаллографии им. А. В. Шубникова РАН. На мировом нано ландшафте стали заметны российские работы по тематике «нано-био-мед» (всего 9). В их выполнение внесли вклад Российский онкологический научный центр им. Н. Н. Блохина, Московская медицинская академия им. И. М. Сеченова, Московский НИИ медицинской экологии, НИИ морфологии человека РАМН, МГУ, Институт биоорганической химии им. М. М. Шемякина и Ю. А. Овчинникова (ИБХ) РАН. Работа ИБХ РАН (совместно с учеными из Франции и Беларуси) об использовании люминесцентных квантовых точек в качестве биомаркеров процитирована 124-мя публикациями со средней цитируемостью в БД SCI-Expanded 82,2 раза. Подобный показатель как дополнительный можно использовать для оценки воздействия публикаций при условии, что с момента их опубликования прошло достаточно времени. Свыше 80 цитирований в среднем имеют ссылки еще на две публикации из числа 165-ти.

Это работы: Санкт-Петербургского государственного технологического университета (совместно с учеными из Германии) о поглощении и люминесценции света несферическими нанокристаллами и Института катализа им. Г. К. Борескова (ИК) СО РАН (совместно с учеными из США) о получении кубических гранецентрированных и гексагональных плотноупакованных кристаллических сверхрешеток наночастиц золота. Таким образом можно утверждать, что указанные работы российских ученых о получении и полезных свойствах нанокристаллов произвели достаточно сильный публикационный резонанс.

Подчеркнем: международное соавторство повышает не только среднюю цитируемость российской нанопубликации, но и вероятность для нее попасть в высоко цитируемые (если из всех российских нанопубликаций международное соавторство имеют 42 %, то из попавших в Топ-165 – уже 86 %). Приоритетно соавторство с Германией, США и Англией.

Перейдем к оценке институциональных и персональных участников наноисследований. Табл. 6 показывает, что на мезо уровне, отражающем секторальную организацию российской науки, лидером является РАН: у нее наибольший публикационный вклад и средняя цитируемость нанопубликаций. В первой десятке по количеству нанопубликаций за весь период семь институтов РАН. Академические ученые внесли вклад в 122 из 165 лучших по цитируемости публикаций: лидеры – ФТИ, ИПТМ и ИФТТ РАН. Однако международные сравнения убавляют оптимизма: так, сопоставимая по размерам Академия наук Китая произвела за весь период больше нанопубликаций, средняя цитируемость которых (16,4) выше, чем у РАН (10,5).

Таблица 6. Ранжирование институтов по количеству нанопубликаций, 1990–2010 гг.

Ранг	Институт / организационная структура	Количество нанопубликаций	Средняя цитируемость одной нанопубликации
1	ФТИ РАН	2516	13,4
2	МГУ	2188	9,0
3	СПбГУ	695	5,3
4	ИФТТ РАН	560	11,9
5	ИФП СО РАН	529	8,9
6	ФИАН	448	10,0
7	ИПХФ РАН	372	6,7
8	ИК СО РАН	322	12,1
9	ИС РАН	299	12,3
10	ГОИ	290	7,3
	РАН	10547	10,5
	ВУЗы	5034	8,0
	Отраслевые НИИ, ГНЦ	963	7,7

Примечание: СПбГУ – Санкт-Петербургский государственный университет; ИФТТ РАН – Институт физики твердого тела РАН; ИФП СО РАН – Институт физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН; Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН; ИПХФ РАН – Институт проблем химической физики РАН; ГОИ – научно-производственная корпорация «Государственный оптический институт им. С. И. Вавилова»

Известно, что с 2006 г. целенаправленной политикой научных властей страны стал перенос центра тяжести исследований в университеты. При присуждении университетам исследовательского статуса, сопровождавшемся дополнительным финансированием, была усилена роль библиометрических индикаторов. Реализация данной политики совпала и даже была подстегнута государственной приоритизацией НТ, поэтому интересна реакция библиометрических индикаторов в этой области. Согласно табл. 7 по количеству нанопубликаций в 2008–2010 гг. МГУ впереди ФТИ РАН, а в первой десятке появился НГУ. Казалось бы, политика сразу дала требуемый эффект. Однако по наблюдению профессора М. В. Фейгельмана из ИТФ РАН (рецензента в «Physical Review») за «активизацией» исследований в Московском Физтехе, якобы под влиянием недавних денежных вливаний, сто*и*т лишь изменение практики указания аффилиаций учеными-совместителями (в статьях, выполненных преимущественно в институтах РАН, стал указываться и адрес Физтеха) [16]. Зная тесные взаимосвязи МГУ и НГУ с РАН, можно предположить и здесь аналогичную ситуацию. В любом случае необходимо распознавать и учитывать непредусмотренные воздействия, которые может иметь применение индикаторов на исследовательские и публикационные практики ученых [17].

Как бы то ни было, лидирующая роль институтов РАН в наноисследованиях сохраняется и в последние годы (табл. 7). Лучшие показатели по публикациям и цитируемости тоже у ученых из РАН: согласно табл. 8 самые высоко цитируемые из них на коротком интервале работают в области графена и полупроводниковых наноструктур.

Таблица 7. Ранжирование институтов по количеству нанопубликаций, 2008–2010 гг.

Ранг	Институт	Количество нанопубликаций	Средняя цитируемость одной нанопубликации	Индекс Хирша
1	МГУ	733	3,1	19
2	ФТИ РАН	525	3,5	17
3	СПбГУ	270	2,9	12
4	ИФТТ РАН	143	3,4	11
5	ИПХФ РАН	143	3,2	8
6	ИФП СО РАН	132	2,5	9
7	ИК СО РАН	120	3,4	10
8	ФИАН	120	2,0	7
9	НГУ	87	2,1	5
10	ИОНХ РАН	86	1,6	5

Примечание: НГУ – Новосибирский государственный университет; ИОНХ РАН – Институт общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова РАН

Таблица 8. Наиболее продуктивные в области НТ российские авторы 2008–2010 гг.

ФИО	Институт	Направление	Кол-во публикаций	Средняя цитируемость	h-индекс
1. Лозовик Ю. Е.	ИС РАН	физика наноструктур; нанооптика	46	3,03	6
2. Овидько И. А.	ИПМАШ РАН	механика наноматериалов	45	5,29	10
3. Третьяков Ю. Д.	ФНМ МГУ	функциональные наноматериалы	41	1,54	4
4. Образцова Е. Д.	ИОФ РАН	углеродные наноструктуры	41	3,88	6
5. Жёлтиков А. М.	Физ. ф-т МГУ	нанофотоника	31	5,35	7
6. Иванов С. В.	ФТИ РАН	полупроводниковые наноструктуры	30	2,30	5
7. Иванов В. К.	ИОНХ РАН	функциональные наноматериалы	29	1,76	3
8. Окотруб А. В.	ИНХ СО РАН	углеродные наноструктуры	28	1,82	4
9. Дубровский В. Г.	ФТИ РАН	полупроводниковые наноструктуры	26	11,46	9
10. Цырлин Г. Э.	ФТИ РАН	полупроводниковые наноструктуры	26	7,31	8
11. Морозов С. В.	ИПТМ РАН	графен	11	139,09	7

Примечание: ИПМАШ РАН – Институт проблем машиноведения РАН (СПб.); ФНМ МГУ – Факультет наук о материалах МГУ; ИОФ РАН – Институт общей физики им. А. М. Прохорова РАН; ИНХ СО РАН – Институт неорганической химии им. А. В. Николаева СО РАН

В связи с вводом в БД SCIE с 2008 г. информации о финансирующих организациях стал возможен новый срез при оценке исследований. По цитируемости в табл. 9 выделяются работы, выполненные при международном сотрудничестве, что отмечалось ранее, и поддержке солидных зарубежных спонсоров. Среди наших слегка «в плюсе» Фонд «Династия» и «в минусе» президентские гранты, в целом же на основании средних значений дифференциация невелика. При интерпретации данных таблицы нужно иметь в виду, что у нас еще не вполне укоренилась практика ссылок на источники финансирования исследований (что характерно для РАН): почти в половине нанопубликаций они отсутствуют. Для более совершенного анализа требуется дальнейшее накопление статистики.

Таблица 9. Количество и цитируемость нанопубликаций, выполненных при поддержке разных финансирующих организаций, 2008–2010 гг.

Финансирующая организация	Количество нанопубликаций	Средняя цитируемость одной нанопубликации	h-индекс
РФФИ	1639	2,37	19
Программы РАН	482	2,05	11
Программы правительства	356	2,95	14
Президентские гранты	116	1,69	6
Фонд «Династия»	48	3,06	7
Американские финансирующие агентства*	175	10,31	16
Всего нанопубликаций	4839	3,14	32

* Такие, как Национальный научный фонд, Национальные институты здравоохранения, Министерства энергетики, обороны и др.

4. Выводы и обсуждение

1. Россия проигрывает конкуренцию в терминах долевого вклада в мировое производство нанопубликаций. С конца 1990-х гг. этот показатель у нее непрерывно снижается, что чревато к настоящему моменту выходом из десятки лидирующих стран. Негативный тренд стал следствием недостаточного внимания к науке и целевой поддержке приоритетных областей на фоне принятия многими странами в начале 2000-х гг. национальных программ развития НТ. Ситуацию не смог переломить даже начавшийся с 2007 г массированный рост инвестиций в НТ, поскольку определяющим к этому моменту стал не финансовый, а человеческий фактор. Кадровый потенциал, позволявший увеличивать НТ-ориентацию российского научного комплекса все более истощается: так, средний возраст десятки наиболее продуктивных в области НТ отечественных ученых составил в 2010 г. 53,1 лет (в 1998 г. был 41,5 лет), двоим из нее уже за 70 лет. Очевидно, чтобы в дальнейшем успешно конкурировать на переднем крае науки, необходимо подготовить новое поколение исследователей, а это не делается мгновенно даже с помощью «золотого дождя».

2. По суммарному воздействию всех нанопубликаций Россия 12-я в мире, однако, их средняя цитируемость соответствует лишь 43-му месту. Одна из причин в большом количестве нанопубликаций в переводных российских журналах с низким импакт–фактором, с чем, в частности связан значительный процент нуль-цитируемых работ (23,4 %). Но это говорит о существовании и группы высоко цитируемых нанопубликаций, имеющей отношение к российским «центрам совершенства». Анализ выявил три таких центра: в области графена, полупроводниковых наноструктур и конструкционных наноструктурных металлов и сплавов. Два последних опираются на достаточно широкие научные школы на базе ФТИ РАН и УфГАТУ с хорошим потенциалом воспроизводства. В первом же случае достигнутое превосходство не столь устойчиво, так как связано в основном с работами одного автора (ученого из ИПТМ РАН), тесно сотрудничающего с нобелевскими лауреатами за открытие графена из Манчестерского университета.

Ряд российских работ в других направлениях также произвел хороший публикационный резонанс: это касается, например, метаматериалов или нанокристаллов и их полезных свойств, в том числе для биомедицины.

3. В значительной мере международное сотрудничество делает российские работы заметными на мировом нано ландшафте. Так, публикации в соавторстве с зарубежными коллегами в среднем цитируются в 3,4 раза чаще, чем только российских авторов; 86 % нанопубликаций в Топ-165 имеют международное соавторство; работы, поддержанные американскими финансирующими организациями, цитируются в разы чаще, чем поддержанные российскими. В этом отношении не дает обнадеживающего прогноза на будущую цитируемость снижение с 2006 г. доли российских нанопубликаций с международным соавторством (рис. 4).

4. Главный организационный участник наноисследований в России, как по количеству, так и по качеству публикаций – РАН. Ее институты и сотрудники доминируют во внутрироссийских библиометрических топ-списках. Международные сопоставления не столь хороши: близкая по размерам Академия наук Китая опередила РАН по количеству и средней цитируемости нанопубликаций за весь период. Однако нужно помнить, что РАН прошла через длительный период недофинансирования и ухудшения состояния кадров.

Таким образом, имея неплохие перспективы по ряду направлений (графен, полупроводниковые наноструктуры, конструкционные наноструктурные металлы и сплавы и др.), Россия не в состоянии поддерживать широкий фронт и темп исследований на уровне лидеров. К этому в ближайшее время не готов ее сократившийся и стареющий научный комплекс.

Предостережения при использовании библиометрии. Способность библиометрии быть относительно быстрой, легкой и недорогой альтернативой методу “peer review” для оценивания исследовательской деятельности давно завоевала внимание специалистов по научной политике. В ряде стран библиометрические индикаторы включены в схемы финансирования исследований [1]. Поскольку аналогичные специалисты у нас «открыли» библиометрию не так давно, высок риск повторения уже пройденных ошибок, что требует кратких комментариев. Слабости «peer review» при использовании в политическом контексте известны: эксперты могут испытывать давление в рамках научного сообщества в форме возможных последствий своих суждений для собственной работы и работы коллег; как правило, они оценивают с позиций собственных научных интересов и могут не обладать всем знанием для сбалансированного суждения; сообразуясь с общепринятым мнением, эксперты могут находиться, например, под влиянием репутации, а не реального научного вклада оцениваемого лица или группы [17]. Достоинства количественных показателей – сравнимость и объективность. Неоспоримо преимущество библиометрии в обеспечении целостности «картины». Но и у нее есть слабые места. Так, достоверность библиометрических индикаторов прямо зависит от уровня агрегирования и при оценивании малых институтов или научных групп возможны казусы типа «парадокса» одной высоко цитируемой статьи. Существуют также: нежелательные манипуляции индикаторами самими учеными, неправильное их использование (намеренно или нет) и т. д. [17, 18]. Выполнение библиометрических исследований для научной политики в форме контракта (из-за растущей стоимости библиографических БД и монополии поставщиков) может порождать тенденциозность, поскольку исполнители нередко следуют «популярным трендам», чтобы удовлетворить ожидания заказчика [18]. Признаки этого находим в библиометрическом анализе по заказу МОН [19], где «широкий взгляд на нанотехнологии» маскирует консервацию старых материаловедческих тематик. Такой «взгляд» ведет к дальнейшему отставанию от лидеров, которые переходят к исследованию активных наноструктур. Например, из представленных на сайте правительства США 284 работ, финансируемых агентствами-

участниками ННИ, которые Подкомитет по нанонауке, нанотехнике и нанотехнологии рассматривает как выдающиеся достижения и нанотехнологические прорывы, к наноматериалам отнесены только 19,4% [20].

По мнению [17] будущее оценивания исследований – не в противопоставлении двух методов, а в разумном сочетании их преимуществ и взаимной компенсации недостатков. Библиометрические индикаторы делают «peer review» более информированным и прозрачным. Сами же индикаторы, как и расчетную базу, необходимо совершенствовать и во избежание манипуляций стремиться применять их в комплексе.

5. Заключение

Выполненное исследование высветило некоторые несоответствия российской научной политики в сфере НТ.

1. Крайнюю медлительность в выработке активной политики на фоне истощения кадрового потенциала и вхождения библиометрических индикаторов в длительный негативный тренд. В результате была упущена еще в какой-то мере благоприятная конкурентная позиция страны конца 1990-х гг. и заложено отставание в мировой наногонке.

2. Во главу угла отечественной нанотехнологической программой поставлено создание наноиндустрии. Учитывая научный драйвер нанотехнологий, таким образом, «телега была поставлена впереди лошади». Этому соответствовало и распределение программного финансирования: не более 6 % на фундаментальные исследования по нашей приблизительной оценке. Как результат, через пять лет реализации президентской наноинициативы министр науки и образования А. А. Фурсенко сообщил: «мы фактически исчерпали существующий задел фундаментальной науки, нужна генерация нового научного знания» [21]. Ближе к «нано» это подтвердил Ж. И. Алферов: «наработок, в том числе по НИОКР у нас практически не осталось. Они исчерпаны, последнее, что было, «подчистило» РОСНАНО» [22]. Учитывая библиометрические тренды и кадровые проблемы, можно добавить, что масштабной генерации научного знания, способной заметно усилить конкурентные позиции страны, в близкой перспективе у нас и не предвидится.

3. Говоря о необходимости ставки на «сильного» в борьбе за конкурентоспособность отечественной науки, научные власти продолжают линию на форсированную поддержку вузов. Однако по библиометрическим индикаторам (количеству и цитируемости публикаций, наличию «центров совершенства» и высоко цитируемых ученых) в области НТ таким «сильным» на сегодня является РАН и ее институты. Заслуги вузов (с учетом экспертно подтверждаемых изменений практик указания аффилиаций учеными-совместителями из РАН) пока же скромны.

Очевидно, подобных несоответствий могло быть меньше, если бы вместо библиометрических «приправ» для выступлений у нас был налажен мониторинг и независимая оценка национальной научной системы, в том числе с использованием современных библиометрических методик.

Литература

1. *Glänzel W*. History of bibliometrics and its present-day tasks in research evaluation. Ankara, March 2009 (на сайте: http://www3.iam.metu.edu.tr/iam/images/2/21/Wolfgangbibliometrics.pdf).
2. Using bibliometrics in evaluating research. White Paper. Thomson Reuters. 2008 (на сайте: http://thomsonreuters.com/content/science/pdf/ssr/training/UsingBibliometricsinEval_WP.pdf.
3. *Braun T., Schubert A., Zsindely S.* Nanoscience and nanotechnology on the balance // Scientometrics. Vol. 38. № 2. 1997. P. 321–325.
4. *Braun T.* The epidemic spread of fullerene research // Angewandte Chemie – International Edition in English. Vol. 31. № 5. 1992. P. 588–589.
5. *Huang C., Notten A., Rasters N.* Nanoscience and technology publications and patents: A review of social science studies and search strategies // Journal of Technology Transfer. Vol. 36. № 2. 2011. P. 145–172.
6. *Клебанер В. С., Мирабян Л. М., Терехов А. И.* Опыт и проблемы оценки развития нового научного направления // Науковедение. № 4. 2000. С. 106–128.
7. *Терехов А. И., Мирабян Л. М., Мамаев В. Л.* Комплексный подход к оценке развития научного направления с использованием компьютерных баз данных // Вестник РФФИ. № 2. 2002. С. 47–57.
8. *Ефременкова В. М., Мелконян М. К.* Мониторинг исследования наноразмерных структур в БД Web of Science // Поверхность. № 10. 2003. С. 42–45.
9. *Зибарева И. В., Зибарев А. В., Бузник В. М.* Российская нанонаука: библиометрический анализ на основе баз данных STN International // Химия в интересах устойчивого развития. Т. 18. № 2. 2010. С. 215–227.
10. *Terekhov A. I., Efremenkova V. M., Stankevich I. V., Krukovskaya N. V., Terekhov A. A.* Information Resources for Evaluating the Development of Research Direction – «Fullerenes» // Fullerenes, Nanotubes, and Carbon Nanostructures. Vol. 14. № 2–3. 2006. P. 579–584.
11. *Markusova V. A., Jansz M., Libkind A. N., Libkind I. A., Terekhov A. I.* A bibliometric study of Russian R&D on nanotechnology // Proceedings of the 12th International Conference on Scientometrics and Informetrics (ISSI'09). Vol. 1 / Eds. by B. Larsen, J. Leta. Rio de Janeiro, Brazil: International Society for Scientometrics and Informetrics, 2009. P. 354–358.
12. *Andrievski R. A., Klychareva S. V.* Journal information flow in nanotechnology // Journal of Nanoparticle Research. Vol. 13. № 12. 2011. P. 6221–6230.
13. *Gaponenko N., Dezina I., Gaponenko A.* NANORUCER: Mapping the NANOtechnology innovation system of RUssia for preparing future co-operations between the EU and Russia // Grant Agreement № NMP4-SA-2009-248178. Moscow, February 2011. P. 223. http://nanorucer.de/nanorucer/download/WP4.2-final.pdf?WSESSIONID=bbe4903c5f0289c929bc5e0de9ed8456.

14. *Liu X., Zhang P., Li X., Chen H., Dang Y., Larson C., Roco M. C., Wang X.* Trends for nanotechnology development in China, Russia, and India // Journal of Nanoparticle Research. Vol. 11. № 8. 2009. P. 1845–1866.
15. *Karpagam R., Gopalakrishnan S., Natarajan M., Ramesh Babu B.* Mapping of nanoscience and nanotechnology research in India: A scientometric analysis, 1990–2009 // Scientometrics. 2011. Vol. 89. № 2. P. 501–522.
16. *Фейгельман М. В.* Статистика как высшая форма вранья? // Троицкий вариант. № 7 (101). 2012. С. 9.
17. *Moed F. M.* The future of research evaluation rests with an intelligent combination of advanced metrics and transparent peer review // Science and Public Policy. Vol. 34. № 8. 2007. P. 575–583.
18. *Glänzel W., Debackere K.* On the opportunities and limitations in using bibliometric indicators in a policy relevant context // Proceedings of the 2nd Conference of the Central Library. P. 225–236. Jülich. 5–7 November 2003.
19. *Эрлих Г.* Нанонауки: итоги пятилетки // Химия и жизнь. № 3. 2012. С. 2–8.
20. www.nano.gov/nanotechnology-initiatives/nano-achievements/.
21. Материалы к выступлению Министра образования и науки РФ А. Фурсенко на заседании итоговой коллегии Минобрнауки России 18 февраля 2012 г. // http://mon.gov.ru/ruk/ministr/dok/9298.
22. Жорес Алферов о том, как обеспечить спрос на науку. Эксклюзивное интервью // http://old.er.ru/about/text.shtml?18/2311,111123.